

JORNADA SOBRE
PERSPECTIVES DE L'EXPLOTACIÓ
D'HIDROCARBURS MITJANÇANT
LA TÈCNICA DE FRACTURA
HIDRÀULICA A CATALUNYA

Mariano Marzo
Facultat Geologia (UB)

Dilluns, 16 de setembre de 2013, a les 19.00 h.
Lloc: Institut d'Estudis Catalans
(C/ Carme 47, Barcelona)
Sala Pere i Joan Coromines



ORGANITZA:
Institutió Catalana d'Estudis Agraris (ICEA)
Secció d'Agricultura

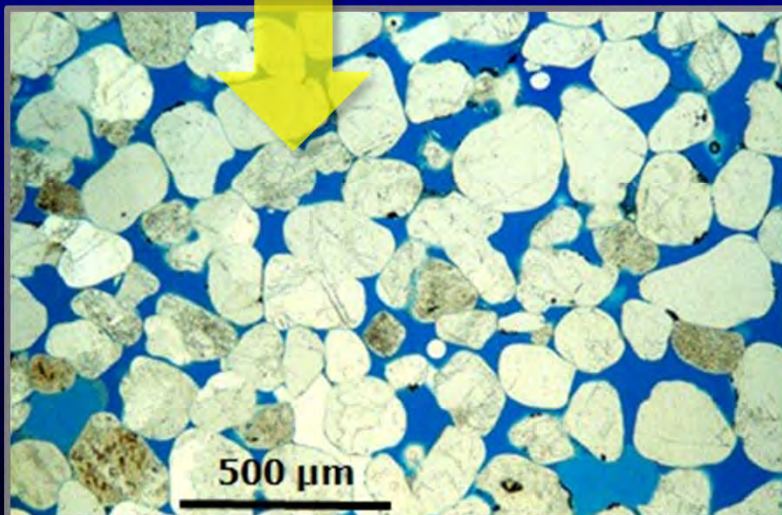
¿Que son las “shales”?

Rocas sedimentarias detríticas de grano fino, mayoritariamente formadas por partículas tamaño arcilla–limo. Pueden ser laminadas o masivas y mas o menos ricas en carbonato. ¡No traducir por pizarras o esquistos (rocas metamórficas)!

"...el fracking sirve para extraer el gas que está enquistado en las rocas, por eso se llama gas esquisto..."



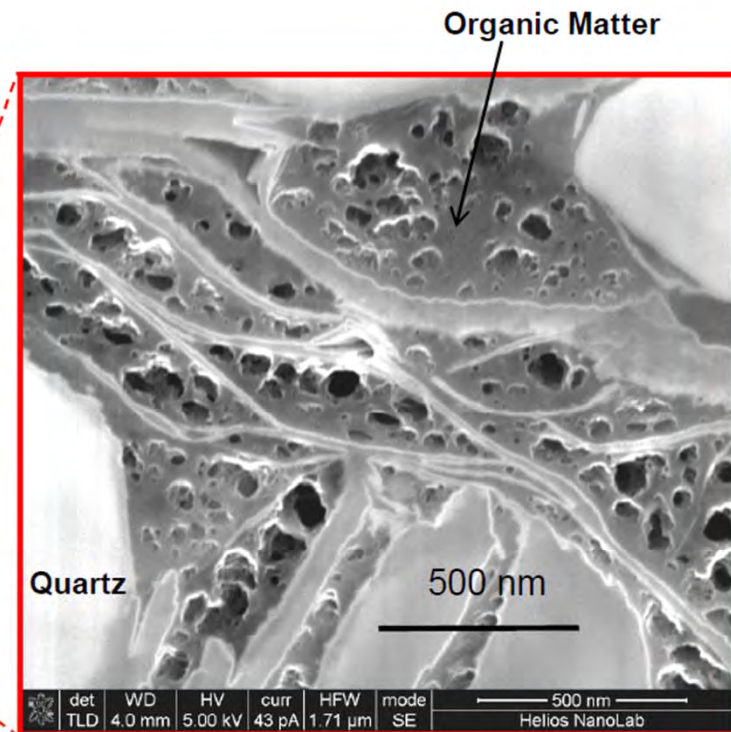
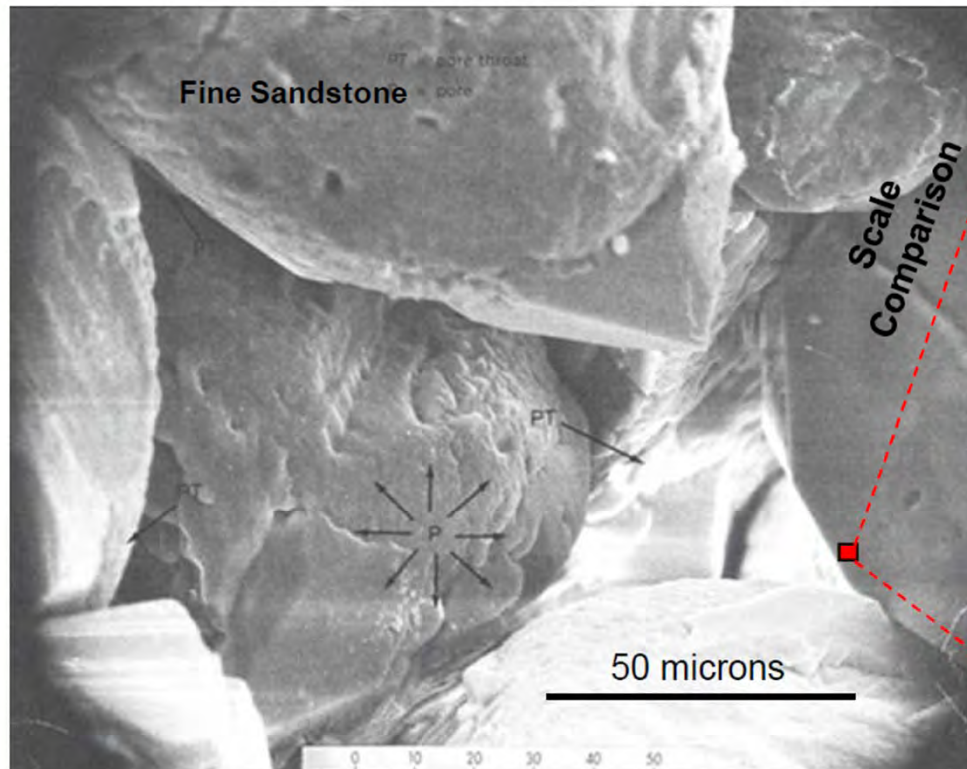
Roca almacén convencional



“Shale”



Tamaños de poro: roca almacén convencional vs “shale”

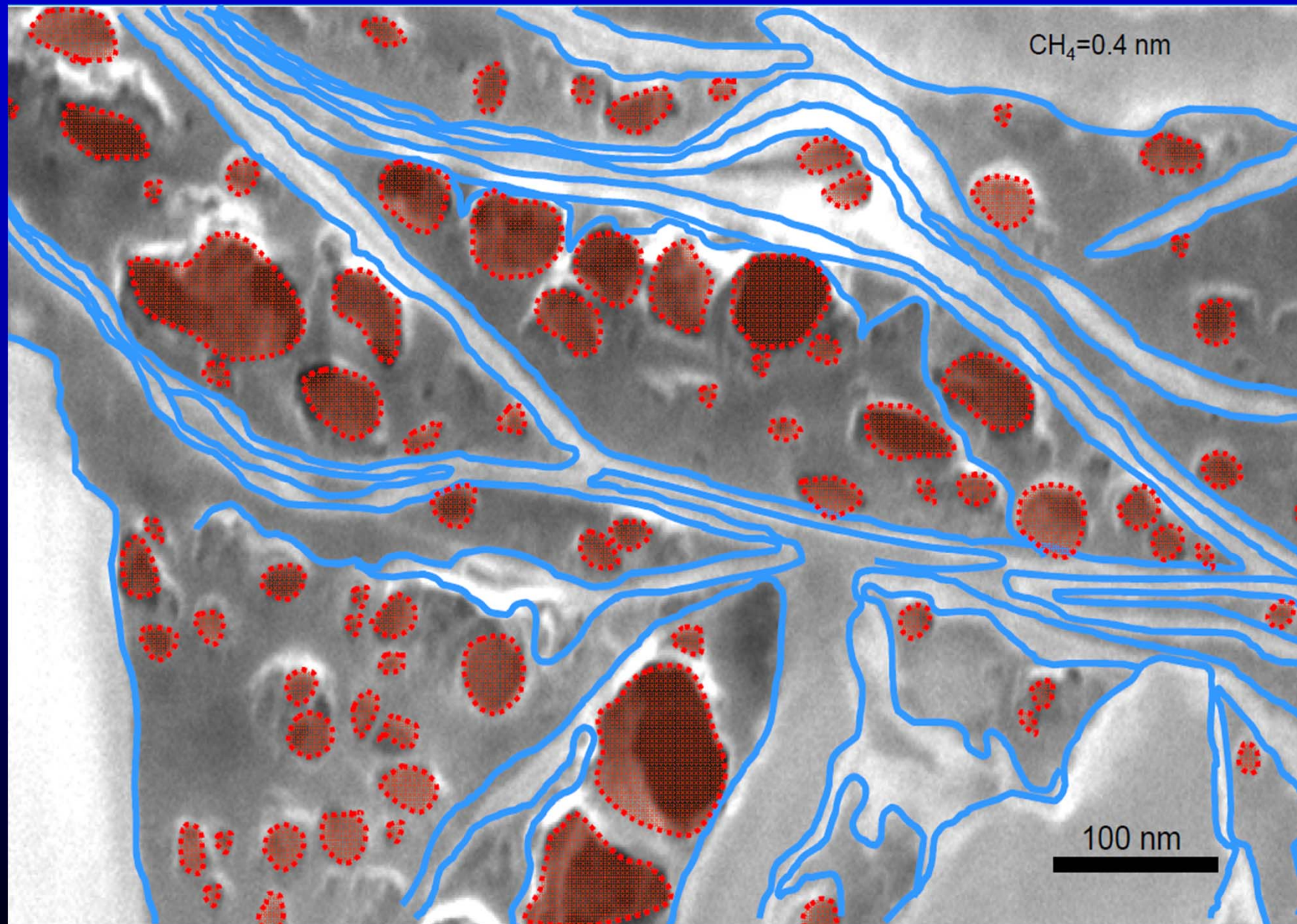


Passey and Bohacs, ExxonMobil

Micra = 10^{-3} mm

Nano (n) = 10^{-9}

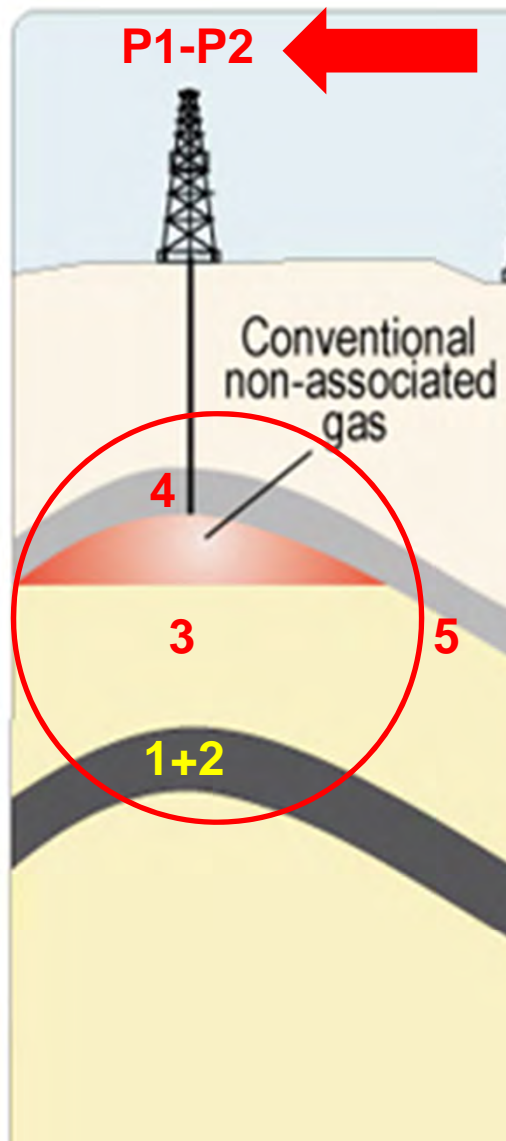
Distribución hipotética de gas y agua.



Porosidad y permeabilidad: roca almacen convencional vs “shale”

	System	Porosity	Permeability	Reservoir
Conventional	Reservoir rock	up to 30%	10^{-3} Darcy (mD)	Free Gas
Tight Gas	Reservoir Rock	< 5%	10^{-6} Darcy (μ D)	Free Gas
Gas shale	Source Rock, organic rich	< 5%	10^{-9} Darcy (nD)	Free + Adsorbed Gas
Coalbed Methane (CBM)	Coal Seams	key challenge is removal of water		natural fractured, filled with water and gas

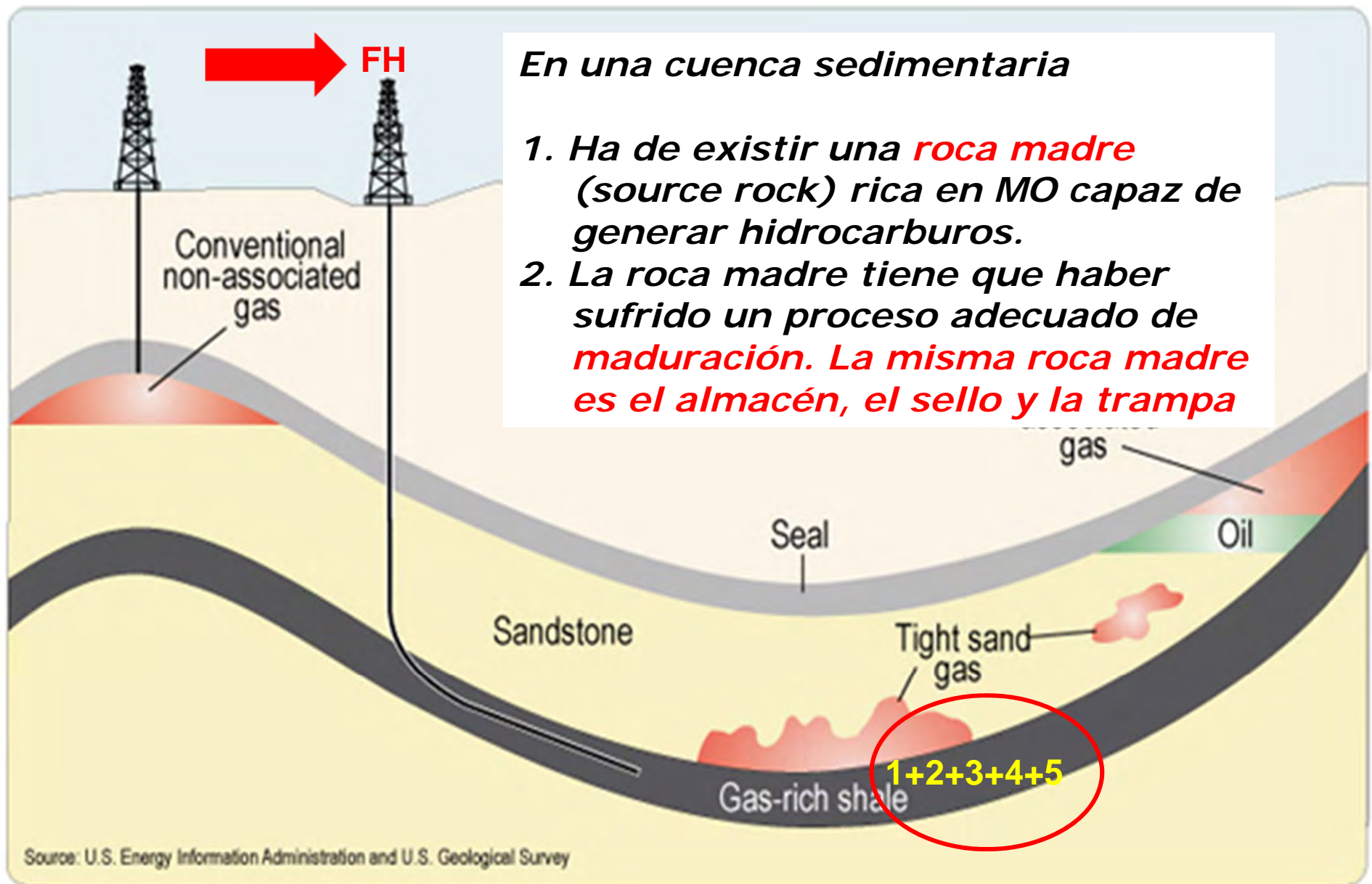
Yacimiento convencional de petróleo y gas



En una cuenca sedimentaria:

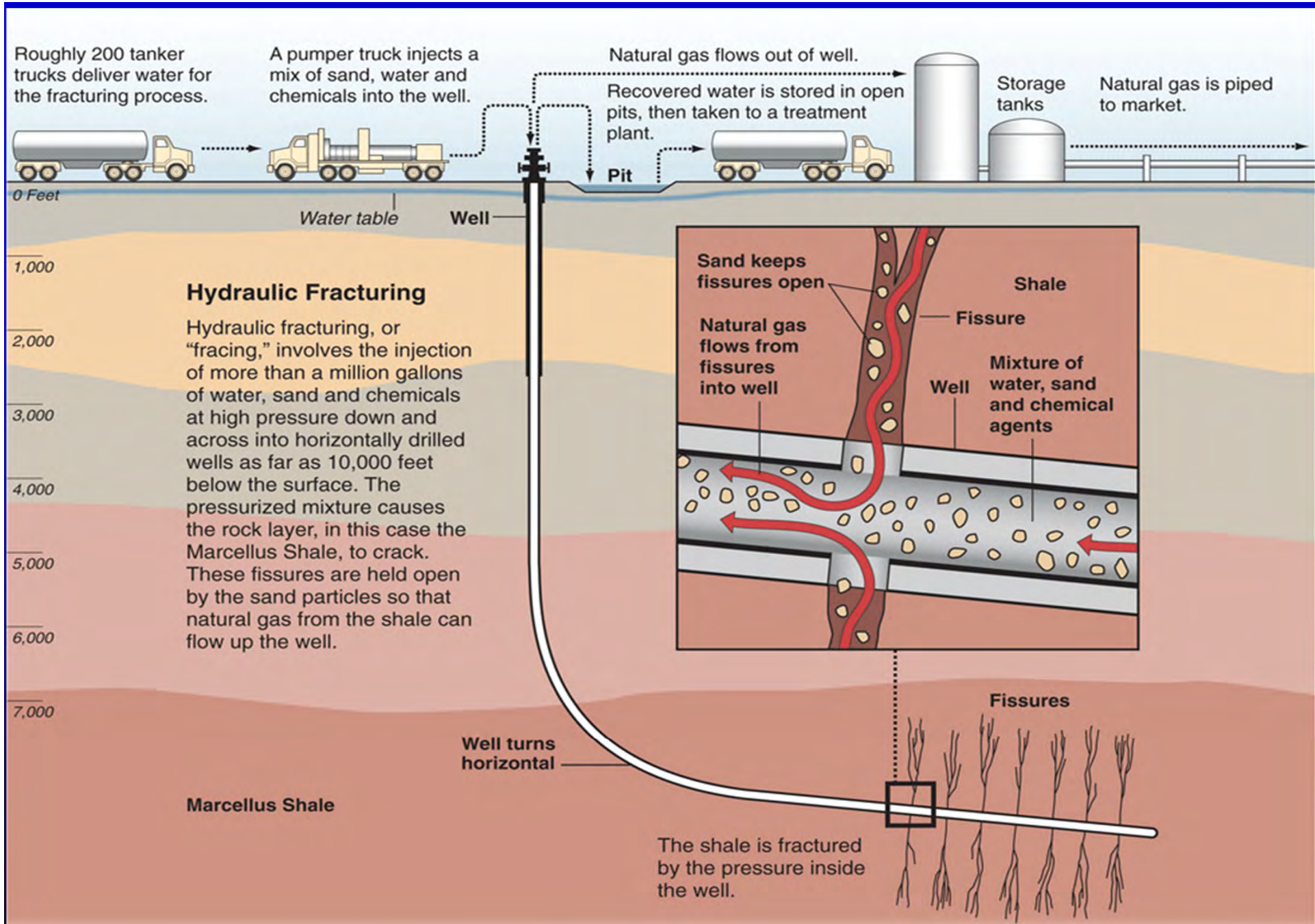
- 1. Ha de existir una **roca madre** (source rock) rica en MO capaz de generar hidrocarburos.*
- 2. La roca madre tiene que haber sufrido un proceso adecuado de **maduración**.*
- 3. Ha de existir una **roca almacén** o reservorio (reservoir) conectada con la roca madre, y con valores adecuados de porosidad y permeabilidad.*
- 4. Necesidad de una **roca impermeable** (cap rock, seal) que impida el escape de los hidrocarburos.*
- 5. Los elementos, ordenados estratigráfica y/o estructuralmente formando **trampas** (traps).*

Yacimiento no convencional en “shales”



En una cuenca sedimentaria

- 1. Ha de existir una **roca madre** (source rock) rica en MO capaz de generar hidrocarburos.*
- 2. La roca madre tiene que haber sufrido un proceso adecuado de **maduración**. La misma roca madre es el almacén, el sello y la trampa*



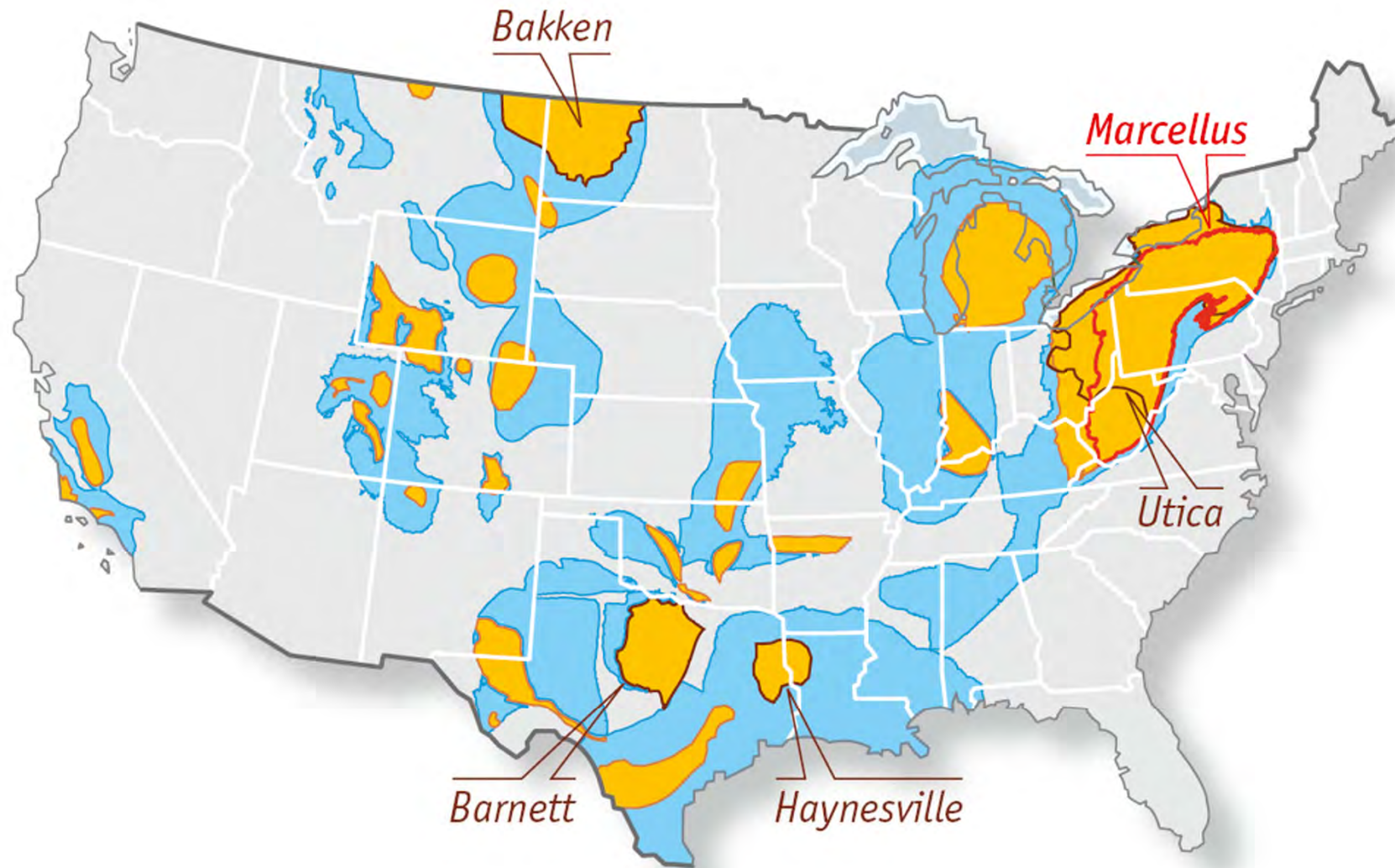
Cambio de paradigma geológico + desarrollo tecnológico

America's hotspots

2011

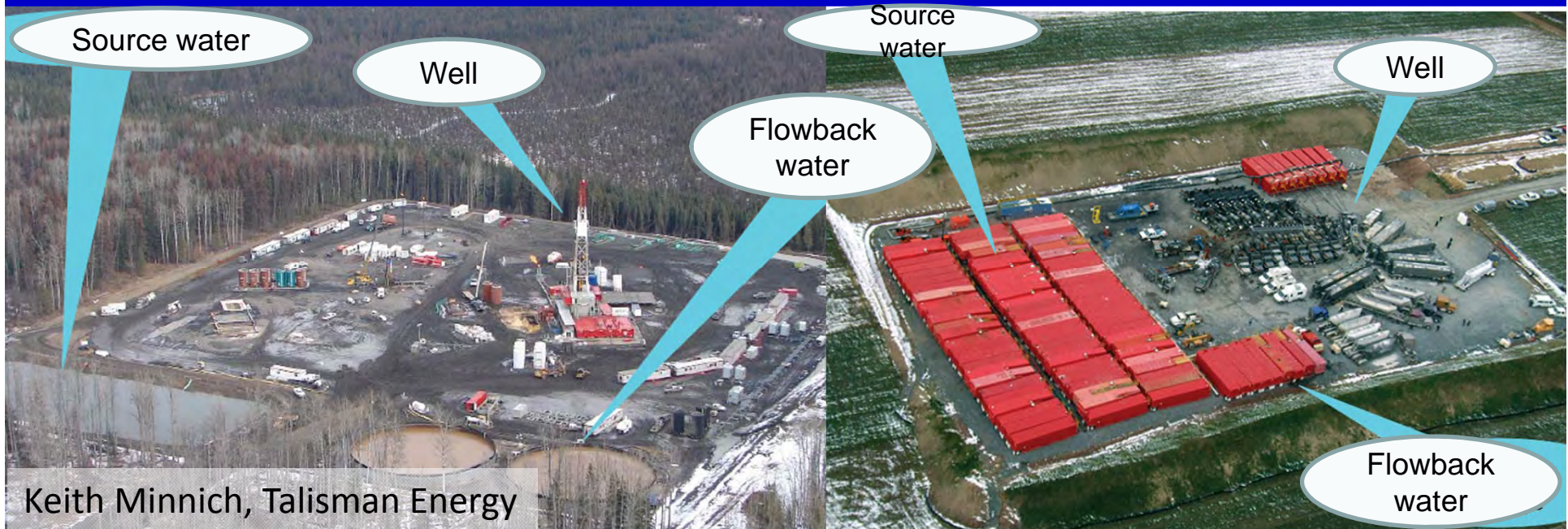
Shale-gas production

Basins



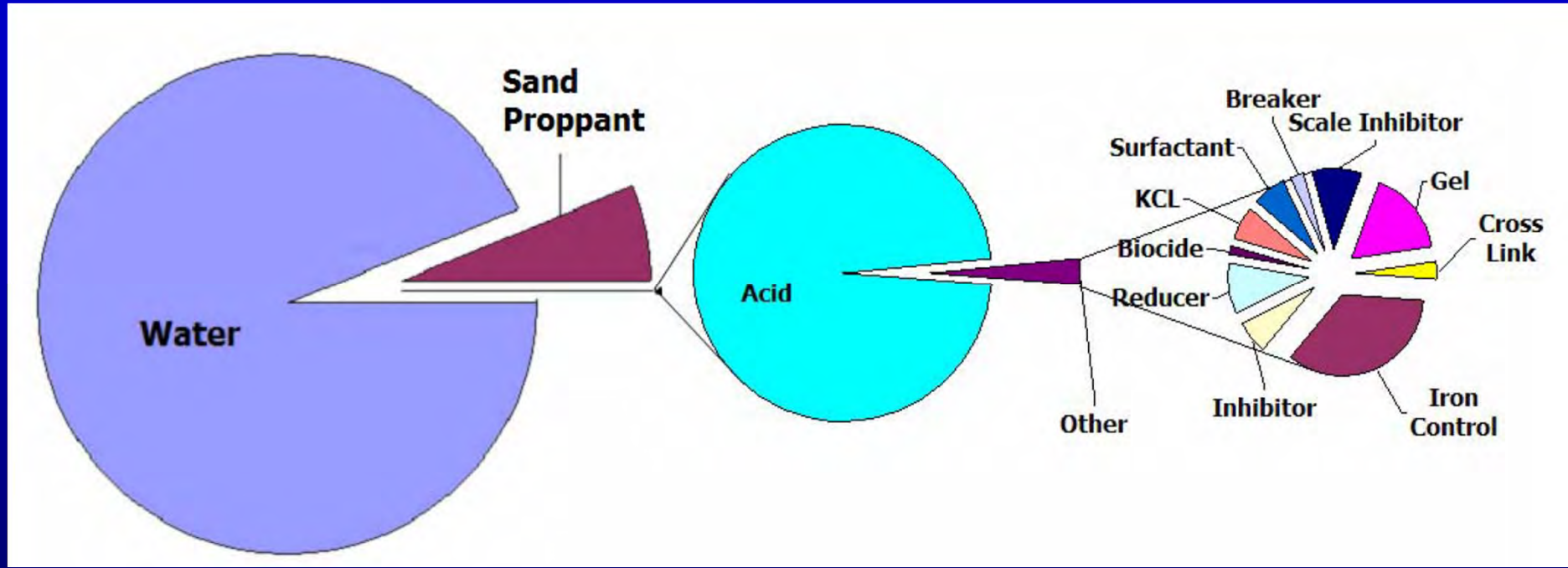
Sources: Energy Information Administration;
International Energy Agency

Pozos y operaciones



- Plataforma de operación (“well-pad”): 1000-4000 m² (+/- campo de futbol)
- Se necesitan 15.000-30.000 m³ de agua por pozo (15-30 millones de litros)
- ~ 35.000 pozos fracturados por año en los EE.UU.
- Uso de agua equivalente al de 1-2 ciudades de 2,5 millones de habitantes
- Transporte de equipo móvil, fluidos y sólidos (~ 1000 viajes de camión / pozo)
- Ampliación de la red de carreteras para conectar todas las bocas de pozo
- Se necesitan gasoductos conectados a la red gasística principal
- Equipos de FH (temporal), equipos de producción (“permanente”)
- Afectación del terreno durante 1-2 generaciones (25-50 años)

Porcentaje de agua, sustancias químicas y sólidos

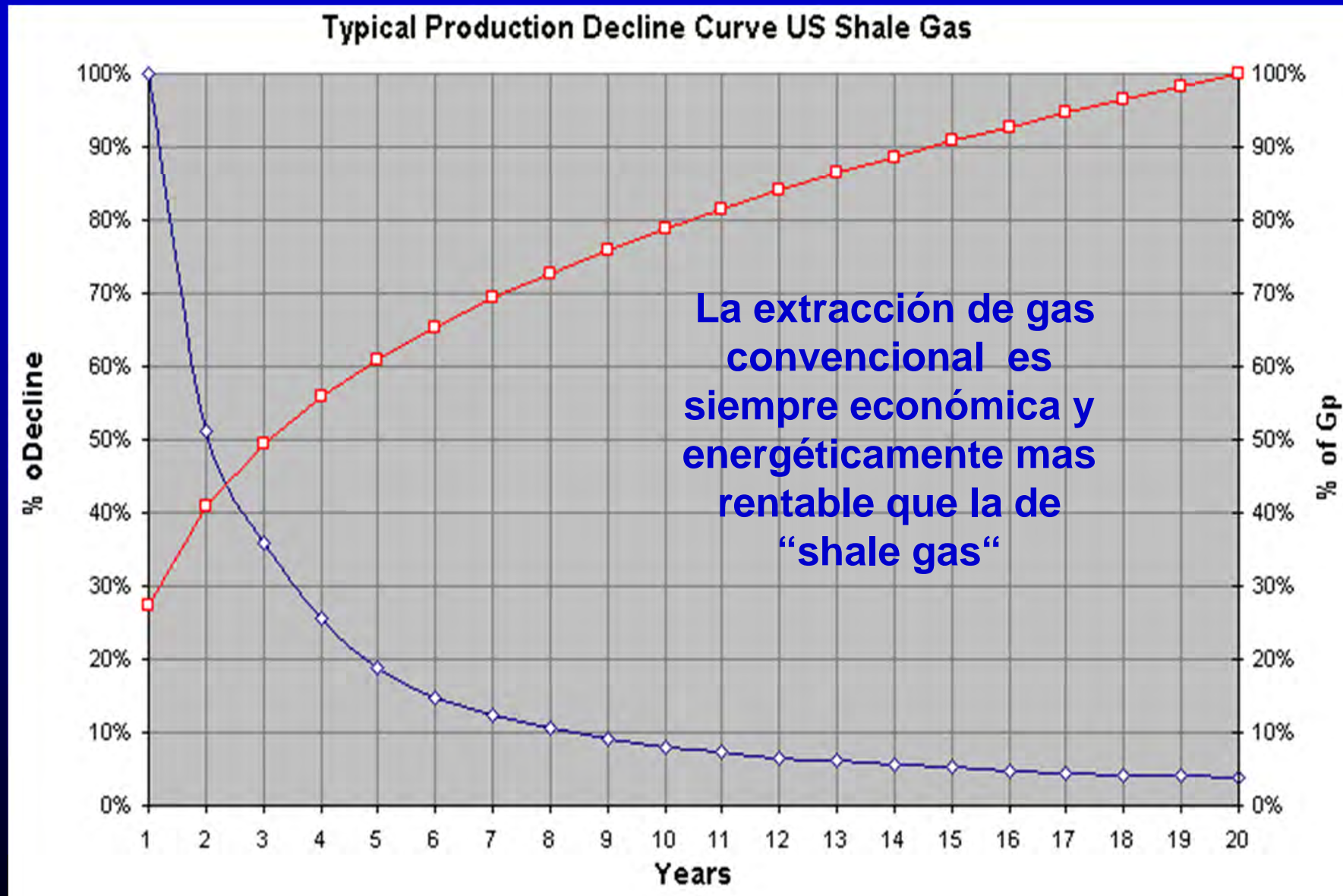


Ingredientes químicos de un fluido de fracturación

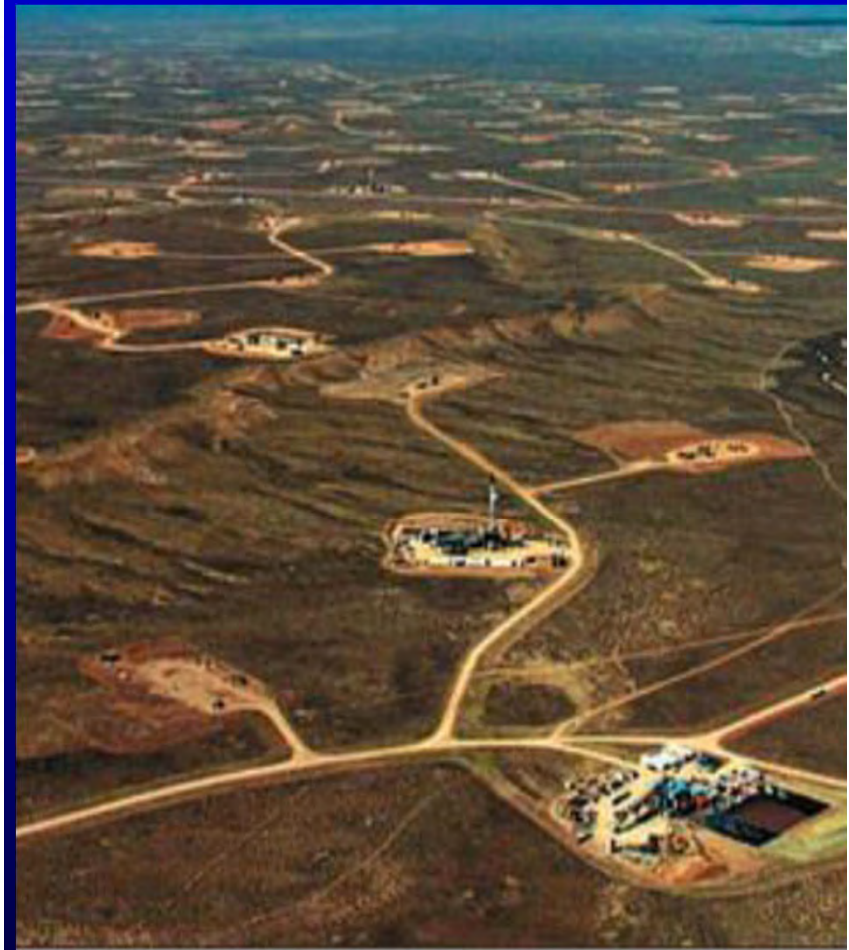
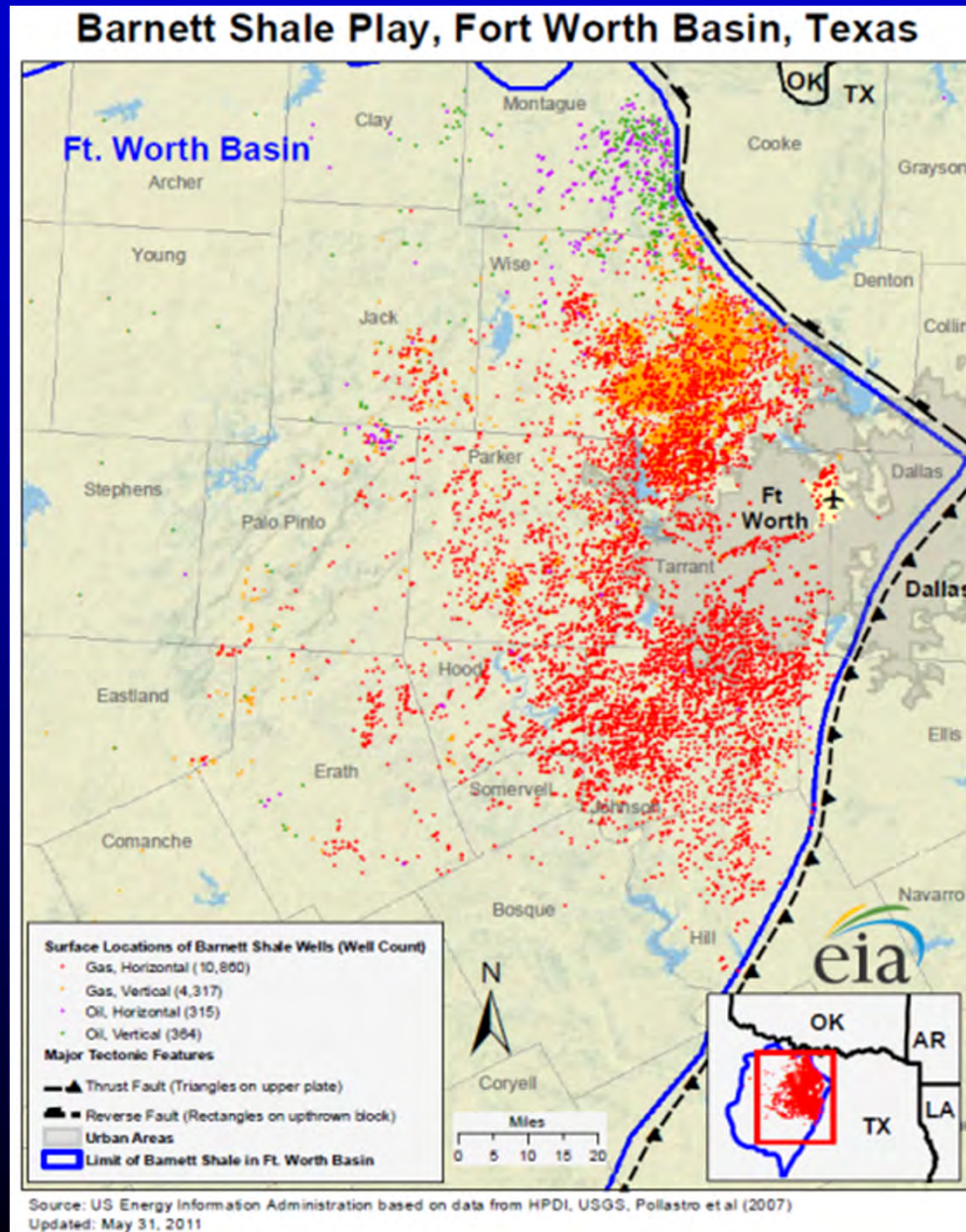
TABLE 4. AN EXAMPLE OF THE VOLUMETRIC COMPOSITION OF HYDRAULIC FRACTURING FLUID

Component/ Additive Type	Example Compound(s)	Purpose	Percent Composition (by Volume)	Volume of Chemical (Gallons) ^a
Water		Deliver proppant	90	2,700,000
Proppant	Silica, quartz sand	Keep fractures open to allow gas flow out	9.51	285,300
Acid	Hydrochloric acid	Dissolve minerals, initiate cracks in the rock	0.123	3,690
Friction reducer	Polyacrylamide, mineral oil	Minimize friction between fluid and the pipe	0.088	2,640
Surfactant	Isopropanol	Increase the viscosity of the fluid	0.085	2,550
Potassium chloride		Create a brine carrier fluid	0.06	1,800
Gelling agent	Guar gum, hydroxyethyl cellulose	Thickens the fluid to suspend the proppant	0.056	1,680
Scale inhibitor	Ethylene glycol	Prevent scale deposits in the pipe	0.043	1,290
pH adjusting agent	Sodium or potassium carbonate	Maintain the effectiveness of other components	0.011	330
Breaker	Ammonium persulfate	Allow delayed breakdown of the gel	0.01	300
Crosslinker	Borate salts	Maintain fluid viscosity as temperature increases	0.007	210
Iron control	Citric acid	Prevent precipitation of metal oxides	0.004	120
Corrosion inhibitor	N,n-dimethyl formamide	Prevent pipe corrosion	0.002	60
Biocide	Glutaraldehyde	Eliminate bacteria	0.001	30

Curva típica de declino de la producción del “shale gas” en los EE.UU

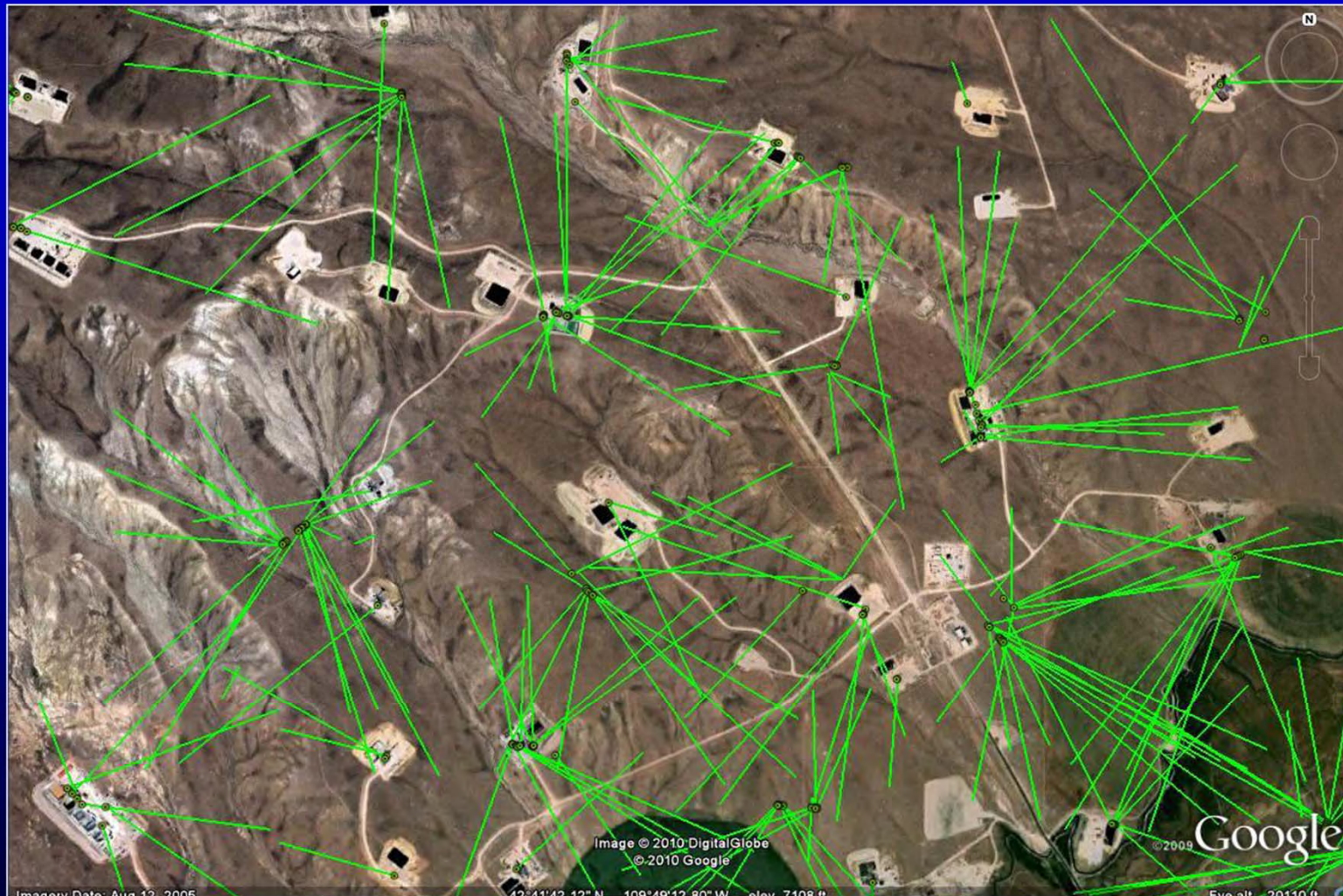


Impacto de la ocupación en superficie



Jonah Gas Field, Pinedale, WY

Ocupacion del terreno → plataformas multi-pozos



... reduces land disruption and drill times



The Economist



THE RESULTS

“ This house believes that the benefits derived from shale gas outweigh the drawbacks of hydraulic fracturing ”

AGREE 49%

“Energy is a fundamental service needed for daily living. Lack of access to fuel is a key driver of poverty and premature



The Economist



THE RESULTS

“ This house believes that the benefits derived from shale gas outweigh the drawbacks of hydraulic fracturing ”

DISAGREE 51%

“Fracking currently enjoys exemptions from parts of at least seven major national statutes, including the Clean Air

**MAS OPINION QUE CONOCIMIENTO
LA CIENCIA POR DETRÁS DE LA INDUSTRIA**

Confidencialidad

“Drill baby drill” “Greed is good”

No \$ para investigación

“LEARNING WHILE WORKING”

¿Método intrínsecamente malo o malas practicas?

Análisis caso a caso

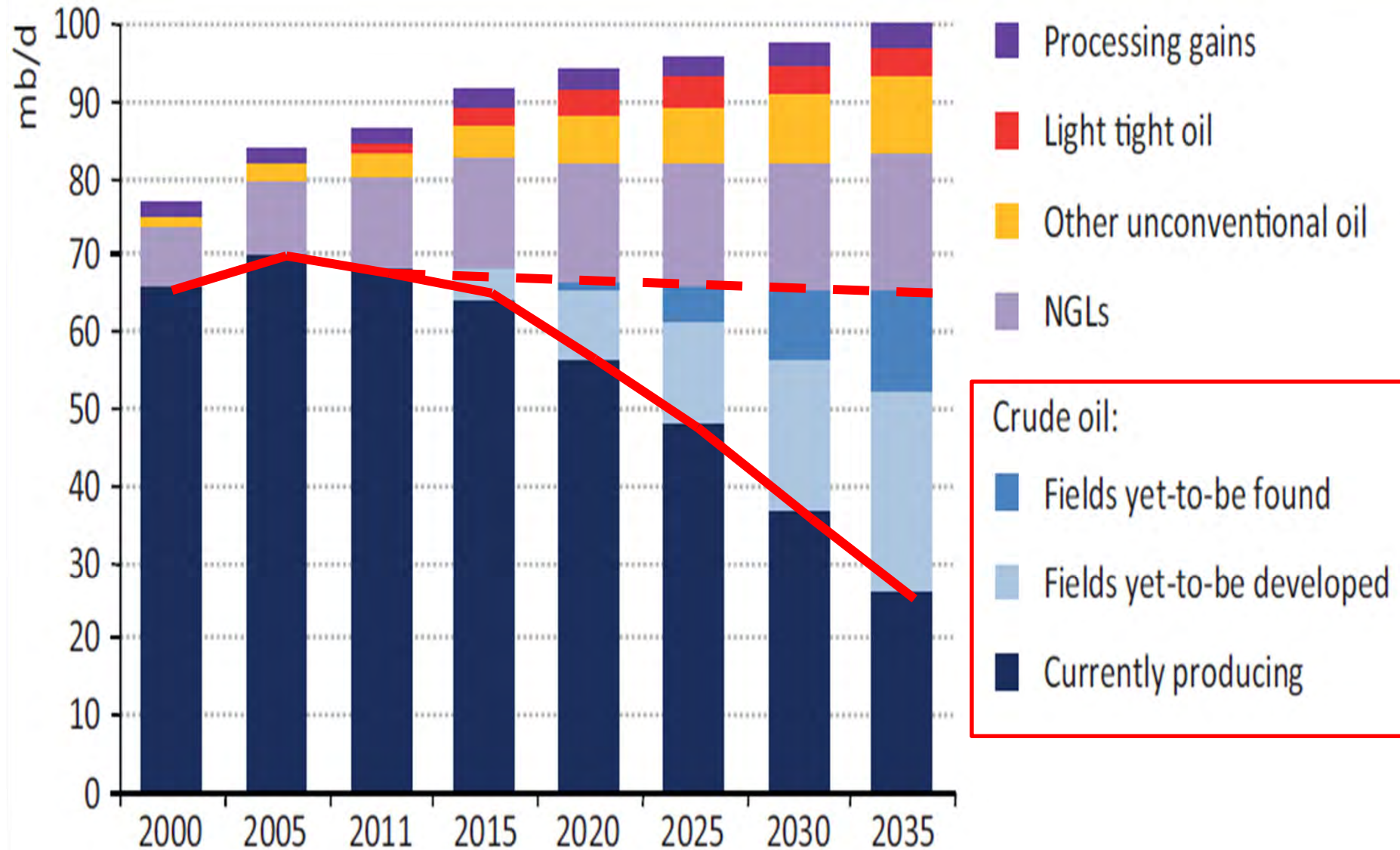


¿Porque EE.UU. ha apostado tan a fondo por las shales y el fracking?

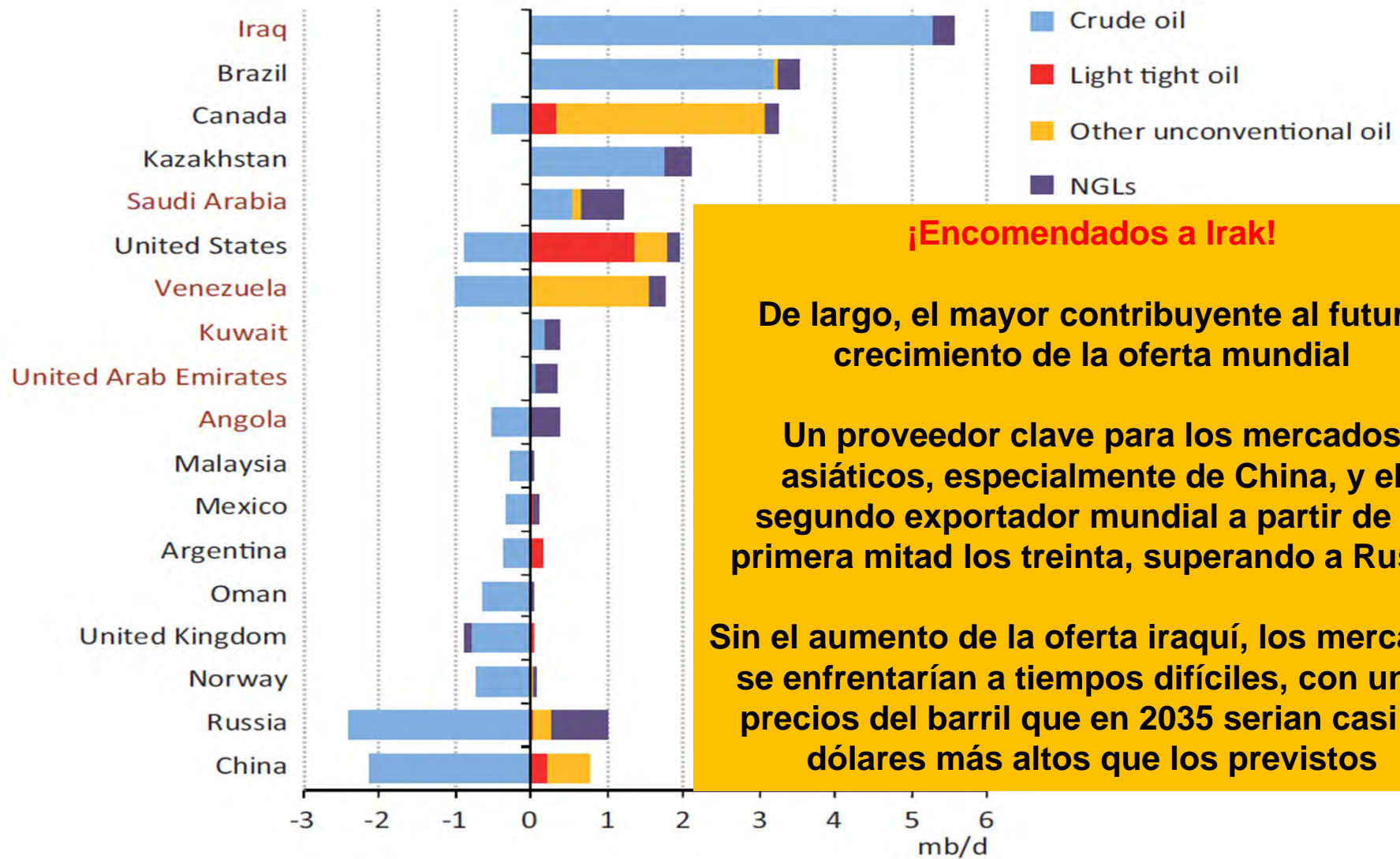


AIE, WEO 2012 : 4 nuevas Arabias Sauditas en 7 años!

El incremento neto de la producción mundial de petróleo deberá ser cubierto casi en su totalidad por petróleo no convencional y por LNG



Variaciones en la producción de petróleo 2011-2035



¡Encomendados a Irak!

De largo, el mayor contribuyente al futuro crecimiento de la oferta mundial

Un proveedor clave para los mercados asiáticos, especialmente de China, y el segundo exportador mundial a partir de la primera mitad los treinta, superando a Rusia.

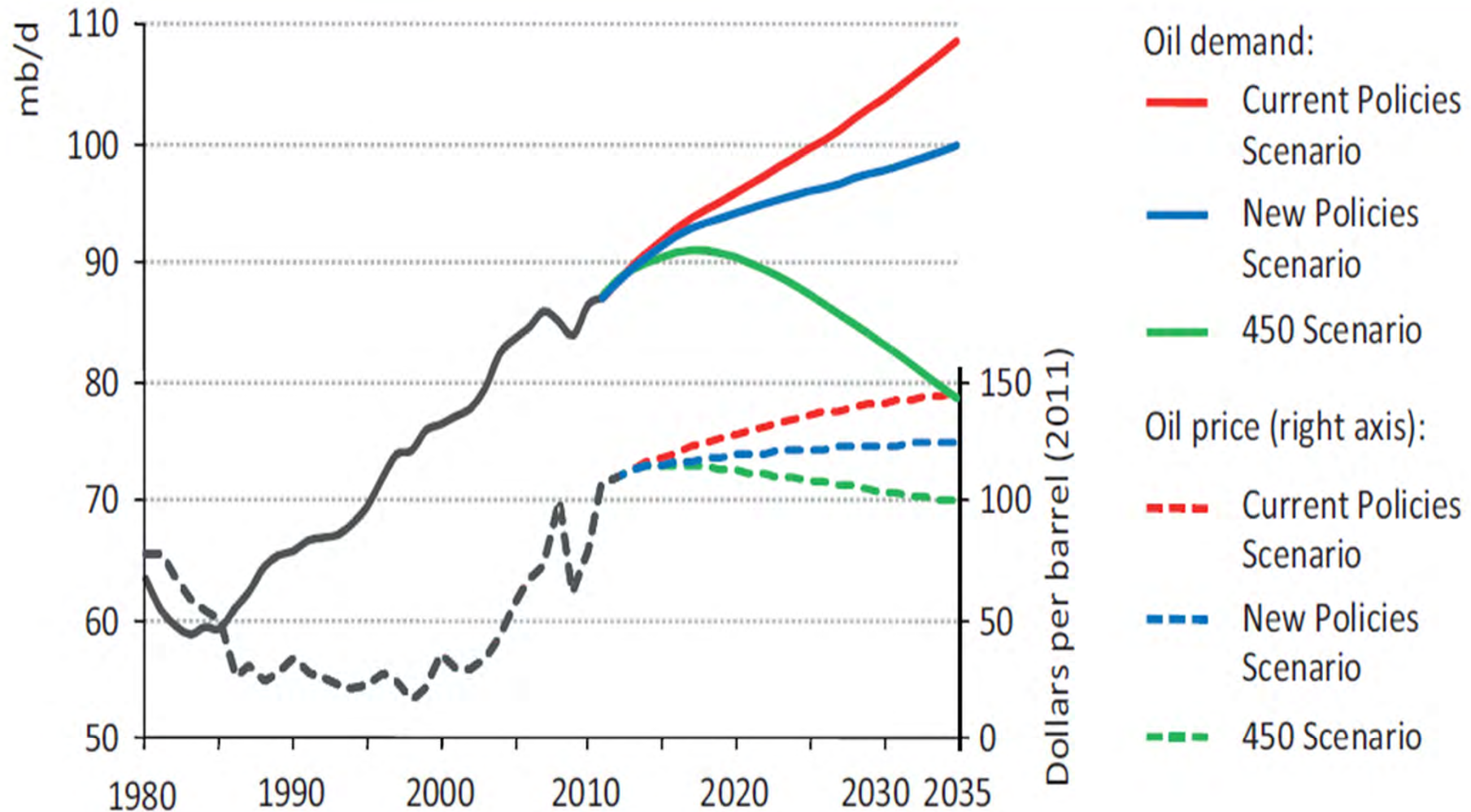
Sin el aumento de la oferta iraquí, los mercados se enfrentarían a tiempos difíciles, con unos precios del barril que en 2035 serian casi 15 dólares más altos que los previstos

Note: Libya also has a large increase in oil production between 2011 and 2035, as 2011 production was exceptionally low due to the conflict.



KAL's cartoon, The Economist, 5th August 2010

Demanda mundial de petróleo y precios del crudo de importación de la IEA por escenario



* Average IEA crude oil import price.

Precios nominales 2020: 157, 147, 139
Precios nominales 2035: 250, 215, 177

How resilient is your country?

*Extreme events are on the rise. Governments must implement national and integrated risk-management strategies, says **Erwann Michel-Kerjan**.*

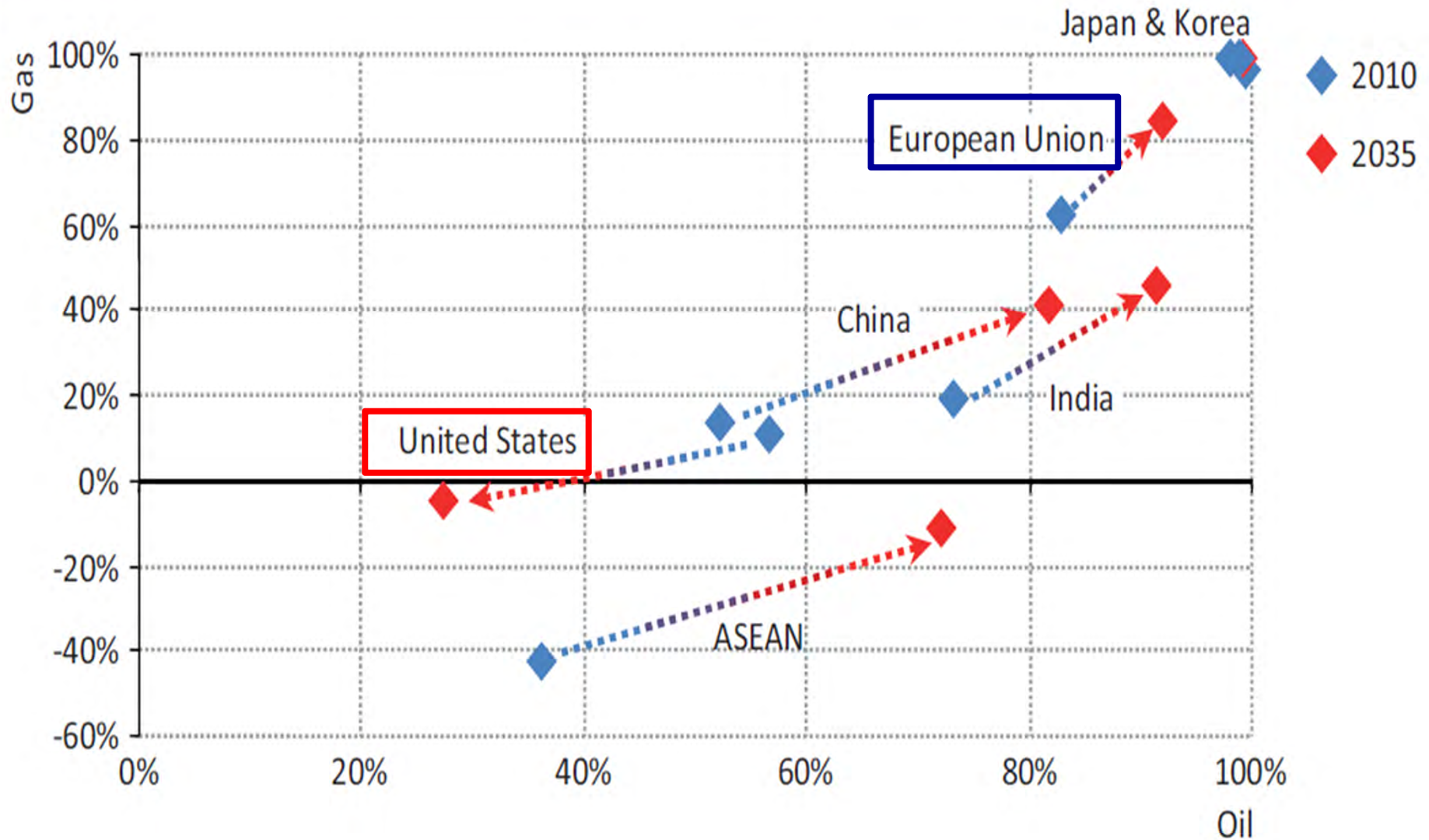
Nature, 22-11-2012

El resurgimiento de la producción de petróleo y gas en los EE.UU. a partir de fuentes no convencionales podría redibujar el mapa energético global

El repunte de la producción de petróleo y gas en EE.UU., basado en el *light tight oil* y el *shale gas*, no solo está impulsando la actividad económica -abaratando los precios del gas y de la electricidad, con la consiguiente mejora de la competitividad de la industria- sino que también está transformando el papel de Norteamérica en el comercio mundial de la energía

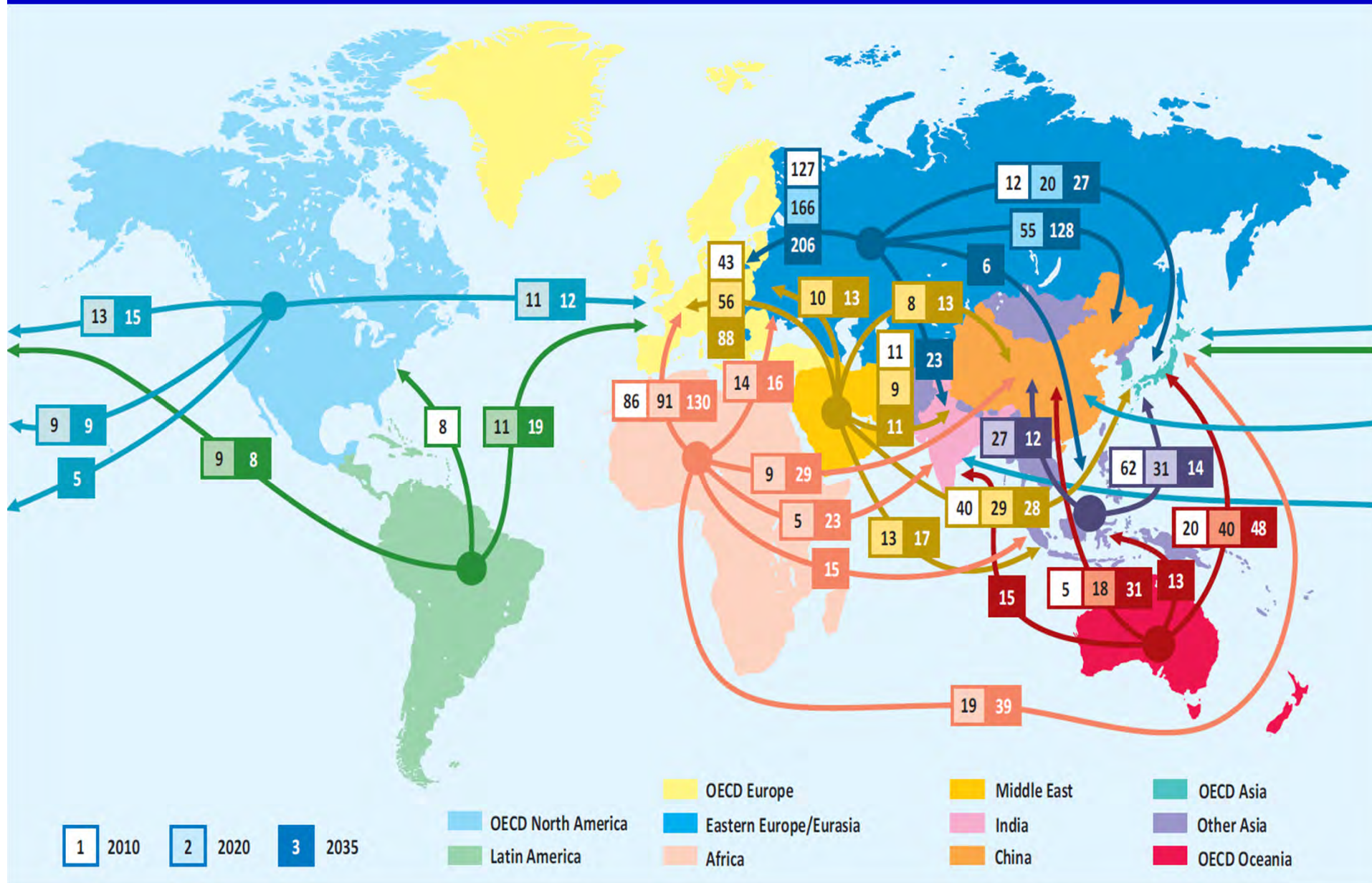


NPS: dependencia de las importaciones de petróleo y gas



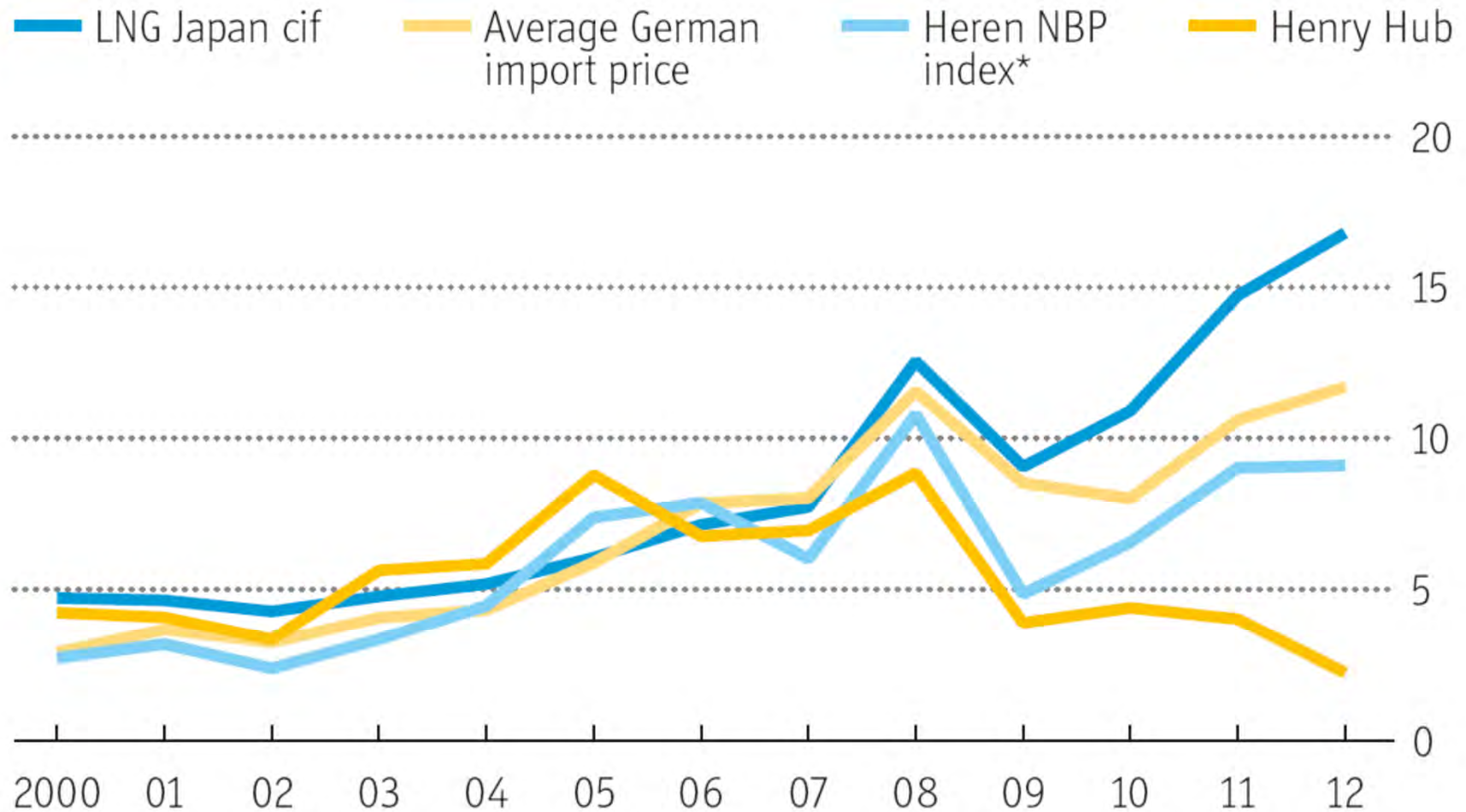
Note: Import dependency is calculated as net imports divided by primary demand for each fuel.

Flujos netos comerciales de gas natural (bcm)



The great divergence

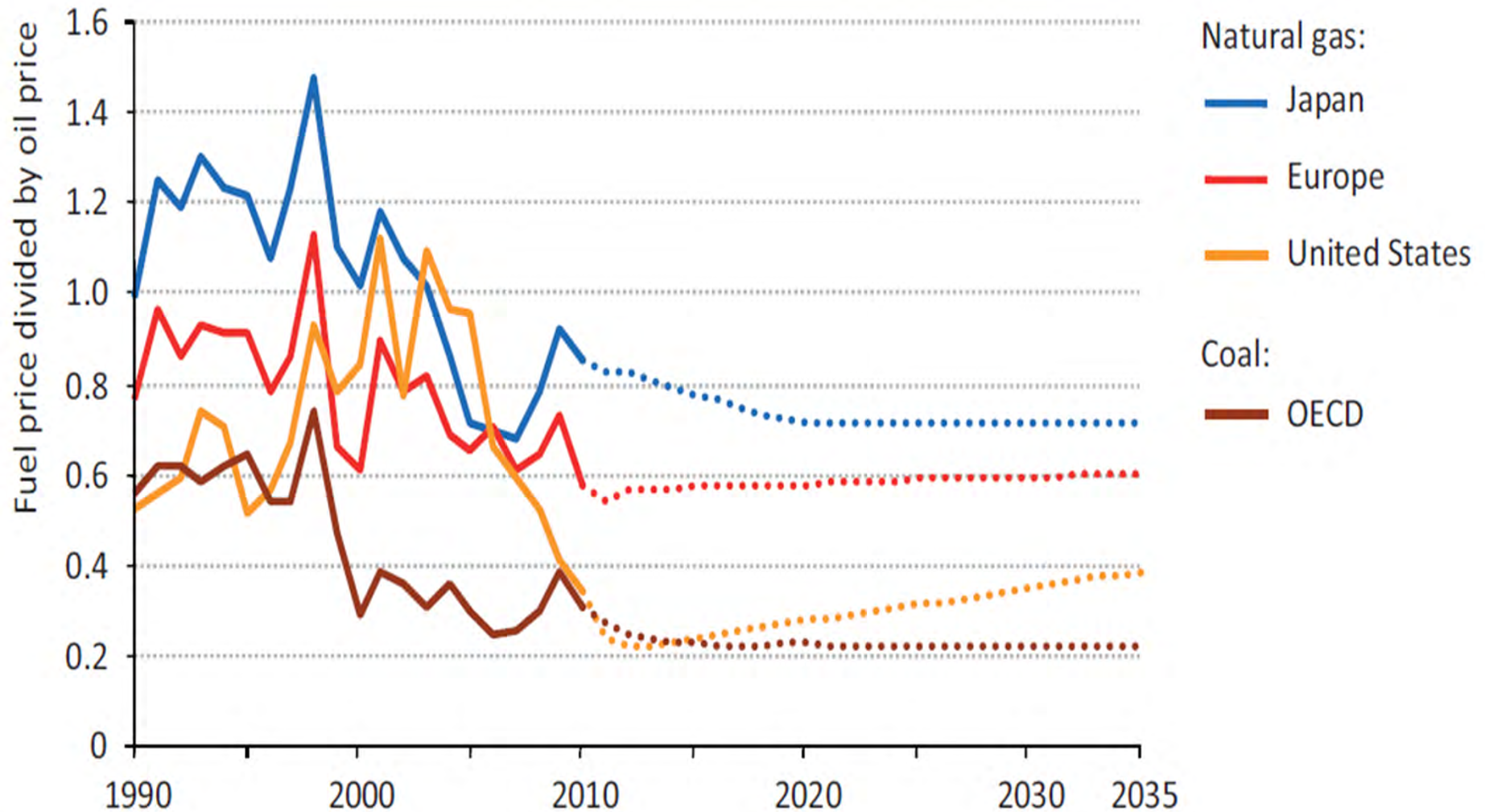
Gas prices, \$ per million Btu



Sources: BP; ICIS Heren

*European spot price

IEA, WEO 2012, NPS: relación entre precios promedio del gas natural y del carbón respecto al del crudo



Note: Calculated on an energy-equivalent basis.

Figure 1. Map of basins with assessed shale oil and shale gas formations, as of May 2013

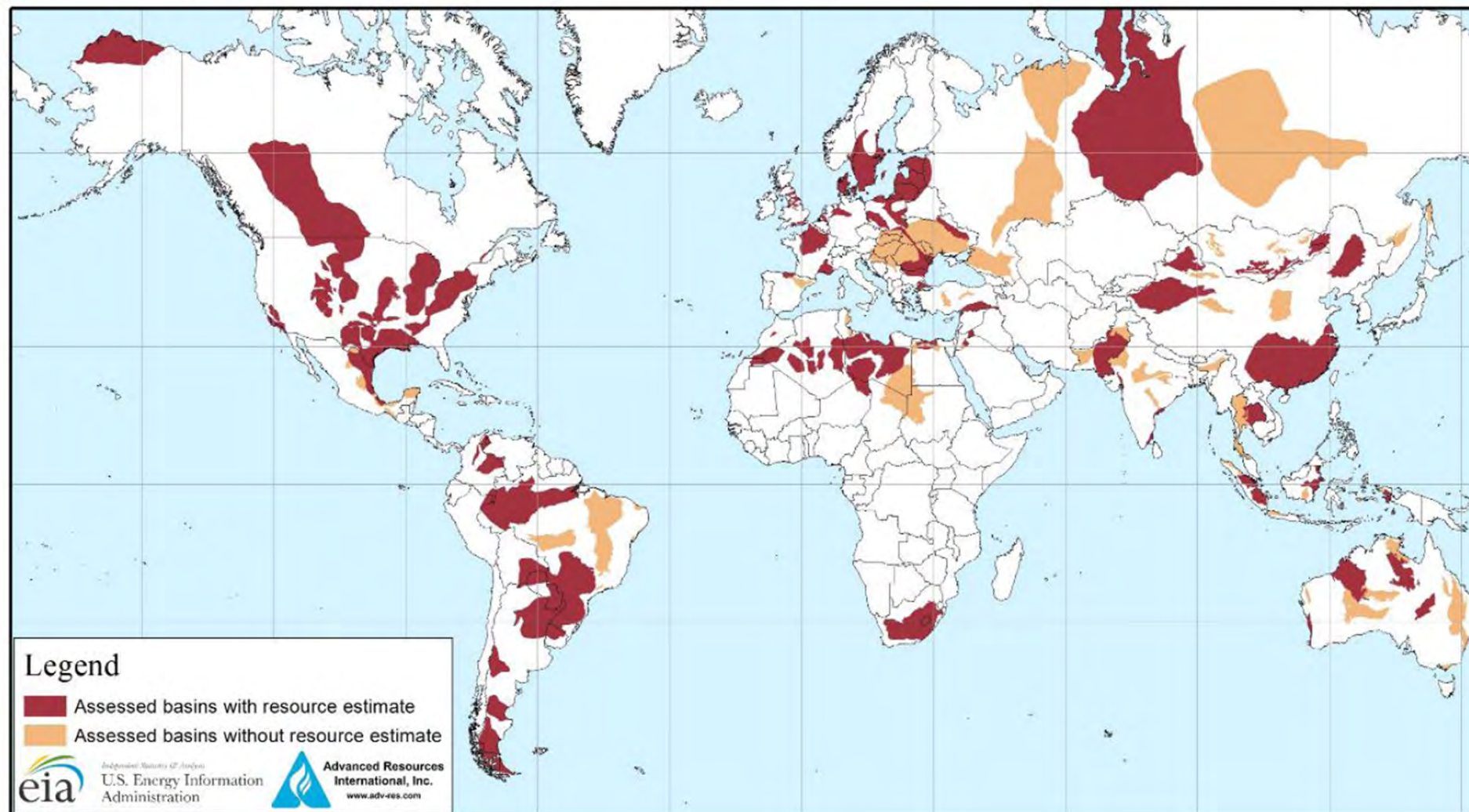


Table 6. Top 10 countries with technically recoverable shale gas resources

Rank	Country	Shale gas (trillion cubic feet)	
1	China	1,115	
2	Argentina	802	
3	Algeria	707	
4	U.S. ¹	665	(1,161)
5	Canada	573	
6	Mexico	545	
7	Australia	437	
8	South Africa	390	
9	Russia	285	
10	Brazil	245	
	World Total	7,299	(7,795)

¹ EIA estimates used for ranking order. ARI estimates in parentheses.

Table 5. Top 10 countries with technically recoverable shale oil resources

Rank	Country	Shale oil (billion barrels)	
1	Russia	75	
2	U.S. ¹	58	(48)
3	China	32	
4	Argentina	27	
5	Libya	26	
6	Venezuela	13	
7	Mexico	13	
8	Pakistan	9	
9	Canada	9	
10	Indonesia	8	
	World Total	345	(335)

¹ EIA estimates used for ranking order. ARI estimates in parentheses.

Boon or curse?

Shale-gas basins



Source: International Energy Agency

Table 3. Wet natural gas production and resources

trillion cubic feet

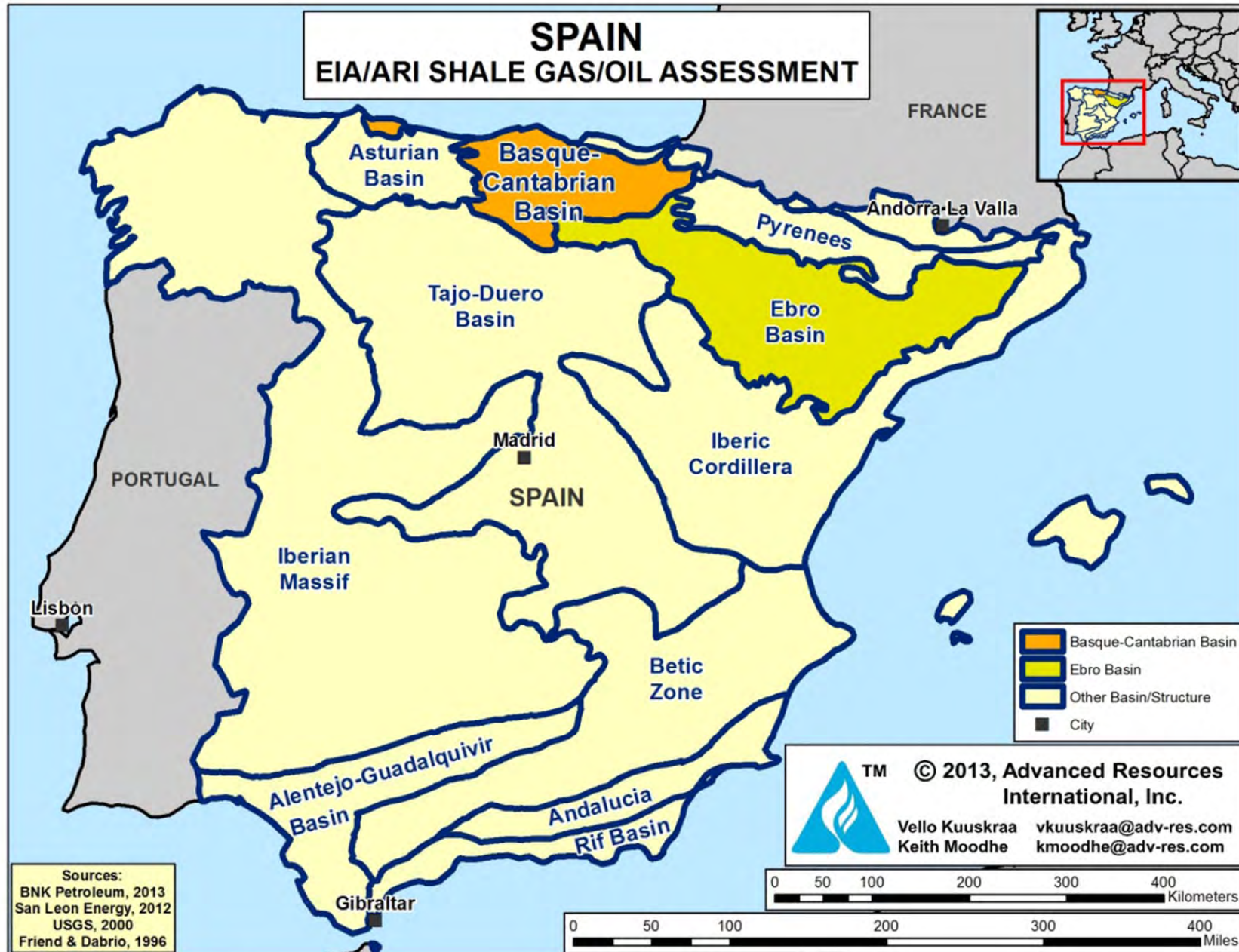
Region totals and selected countries ⁽¹⁾	2011 natural gas production ⁽²⁾	January 1, 2013 estimated proved natural gas reserves ⁽³⁾	2013 EIA/ARI unproved wet shale gas technically recoverable resources (TRR)	2012 USGS	Total technically recoverable wet natural gas resources
				conventional unproved wet natural gas TRR, including reserve growth ⁽⁴⁾	
Europe	10	145	470	184	799
Bulgaria	0	0	17		
Denmark	0	2	32		
France	0	0	137		
Germany	0	4	17		
Netherlands	3	43	26		
Norway	4	73	0		
Poland	0	3	148		
Romania	0	4	51		
Spain	0	0	8		7,4 años (consumo 2012)
Sweden	-	-	10		
United Kingdom	2	9	26		

Table 4. Crude oil production and resources

million barrels

Region totals and selected countries ⁽¹⁾	2011 oil production ⁽²⁾	January 1, 2013 estimated proved oil reserves ⁽³⁾	2013 EIA/ARI unproved shale oil technically recoverable resources (TRR)	2012 USGS conventional unproved oil TRR, including reserve growth ⁽⁴⁾	Total technically recoverable crude oil resources
Europe	1,537	11,748	12,900	14,638	39,286
Bulgaria	1	15	200		
Denmark	83	805	0		
France	28	85	4,700		
Germany	51	254	700		
Netherlands	21	244	2,900		
Norway	733	5,366	0		
Poland	10	157	3,300		
Romania	38	600	300		
Spain	10	150	100		78 días (consumo 2012)
Sweden	4	-	0		
United Kingdom	426	3,122	700		

Figure XII-1. Selected Shale Gas and Oil Basins of Spain



Source: ARI, 2013

Table XII-1. Shale Gas Reservoir Properties and Resources of Spain

Basic Data	Basin/Gross Area		Basque-Cantabrian (6,620 mi ²)
	Shale Formation		Jurassic
	Geologic Age		L. - M. Jurassic
	Depositional Environment		Marine
Physical Extent	Prospective Area (mi ²)		2,100
	Thickness (ft)	Organically Rich	600
		Net	150
	Depth (ft)	Interval	8,000 - 14,500
Average		11,000	
Reservoir Properties	Reservoir Pressure		Slightly Overpress.
	Average TOC (wt. %)		3.0%
	Thermal Maturity (% Ro)		1.15%
	Clay Content		Medium

Consumption 2012 = 31,4 bcm

31,4 x 35,3 = 1108,42 bcf

8,4 tcf = 8400 bcf

8400 bcf/1108,42 bcf/year = 7,6 yrs

Source: ARI, 2013

Table XII-2. Shale Oil Reservoir Properties and Resources of Spain

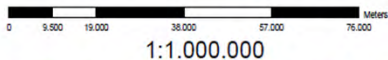
Basic Data	Basin/Gross Area		Basque-Cantabrian (6,620 mi ²)
	Shale Formation		Jurassic
	Geologic Age		L. - M. Jurassic
	Depositional Environment		Marine
Physical Extent	Prospective Area (mi ²)		2,100
	Thickness (ft)	Organically Rich	600
		Net	150
	Depth (ft)	Interval	8,000 - 14,500
Average		11,000	
Reservoir Properties	Reservoir Pressure		Slightly Overpress.
	Average TOC (wt. %)		3.0%
	Thermal Maturity (% Ro)		1.15%
	Clay Content		Medium

Consumption 2012 = 0,466 B bbl

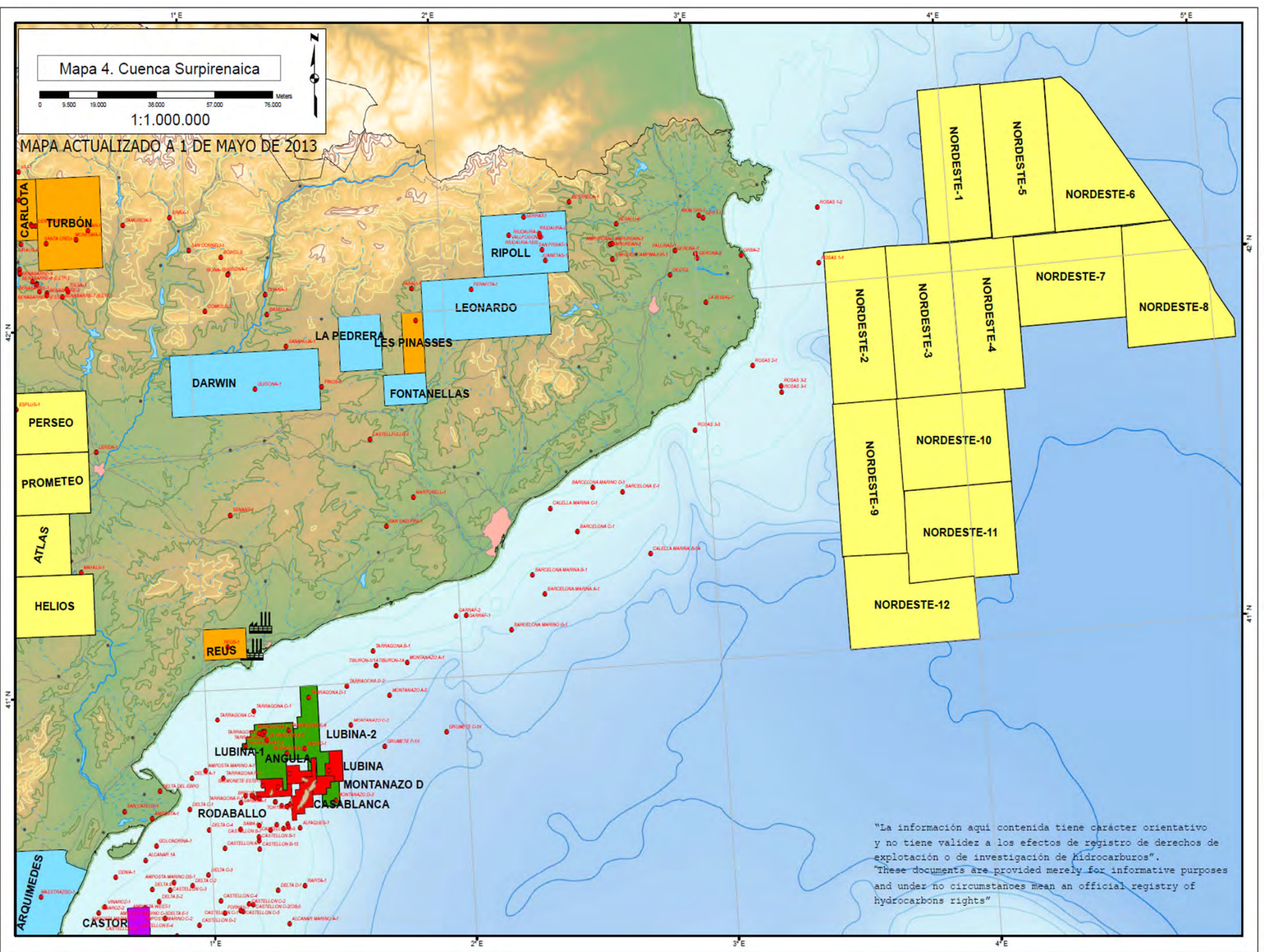
0,14 B bbls/ 0,466 B bbl = 3,6 months

Source: ARI, 2013

Mapa 4. Cuenca Surpirenaica

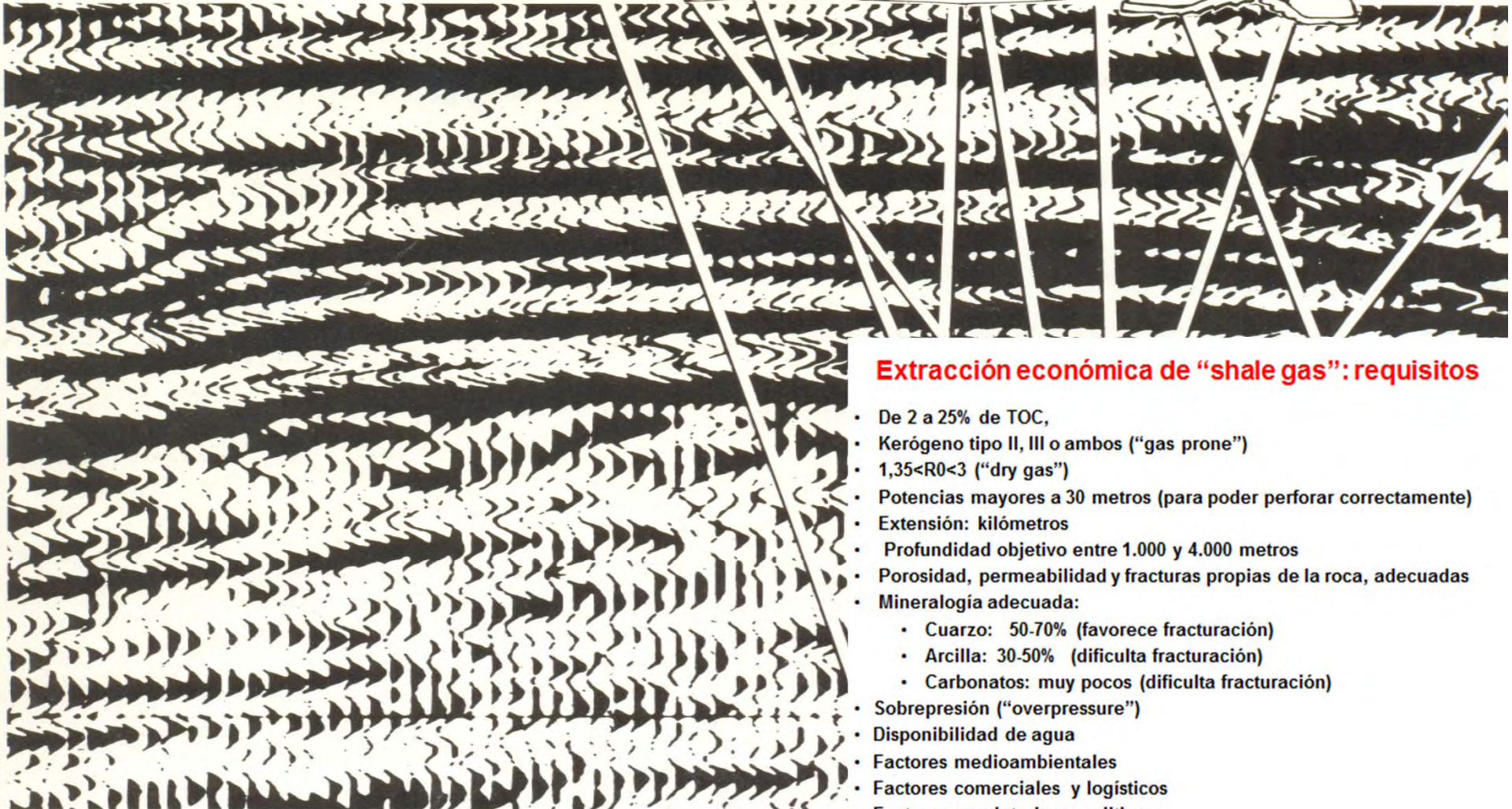


MAPA ACTUALIZADO A 1 DE MAYO DE 2013



"La información aquí contenida tiene carácter orientativo y no tiene validez a los efectos de registro de derechos de explotación o de investigación de hidrocarburos".
"These documents are provided merely for informative purposes and under no circumstances mean an official registry of hydrocarbons rights"

La información geológica existente muestra que los objetivos de “shale gas” son muy improbables...



Extracción económica de “shale gas”: requisitos

- De 2 a 25% de TOC,
- Kerógeno tipo II, III o ambos (“gas prone”)
- $1,35 < R_0 < 3$ (“dry gas”)
- Potencias mayores a 30 metros (para poder perforar correctamente)
- Extensión: kilómetros
- Profundidad objetivo entre 1.000 y 4.000 metros
- Porosidad, permeabilidad y fracturas propias de la roca, adecuadas
- Mineralogía adecuada:
 - Cuarzo: 50-70% (favorece fracturación)
 - Arcilla: 30-50% (dificulta fracturación)
 - Carbonatos: muy pocos (dificulta fracturación)
- Sobrepresión (“overpressure”)
- Disponibilidad de agua
- Factores medioambientales
- Factores comerciales y logísticos
- Factores regulatorios y políticos

Extracción económica de “shale gas”: requisitos

- **> 2% TOC**
- **Kerógeno tipo II, III o ambos (“gas prone”)**
- **$1,35 < R_0 < 3$ (“dry gas”)**
- **Potencias mayores a 20-30 metros (para poder perforar correctamente)**
- **Extensión-continuidad lateral: kilómetros**
- **Profundidad objetivo entre 1.000 y 4.000 metros**
- **Porosidad, permeabilidad y fracturación de la roca, adecuadas**
- **Mineralogía adecuada:**
 - **Cuarzo: 50-70% (favorece FH)**
 - **Arcilla: 30-50% (dificulta FH)**
 - **Carbonatos: Muy pocos (dificulta FH)**
- **Sobrepresión (“over pressure”)**
- **Disponibilidad de agua**
- **Factores medioambientales**
- **Factores comerciales y logísticos**
- **Factores regulatorios y políticos**

ACEPTABILIDAD DE UN PROYECTO

3 condiciones necesarias 3

Evaluación técnica

números, datos y hechos

expertos, instituciones científicas...

Gestión

autorizaciones, regulaciones

Administraciones, empresas...

Argumentos y demandas sociales

opinión y preocupaciones ciudadanas

Instituciones, administraciones, grupos de interés...

Energía = infraestructura
Infraestructura = agravio-indignación
Gestión de un proyecto = incluye gestionar la indignación

DAD

Decide, Announce, Defend

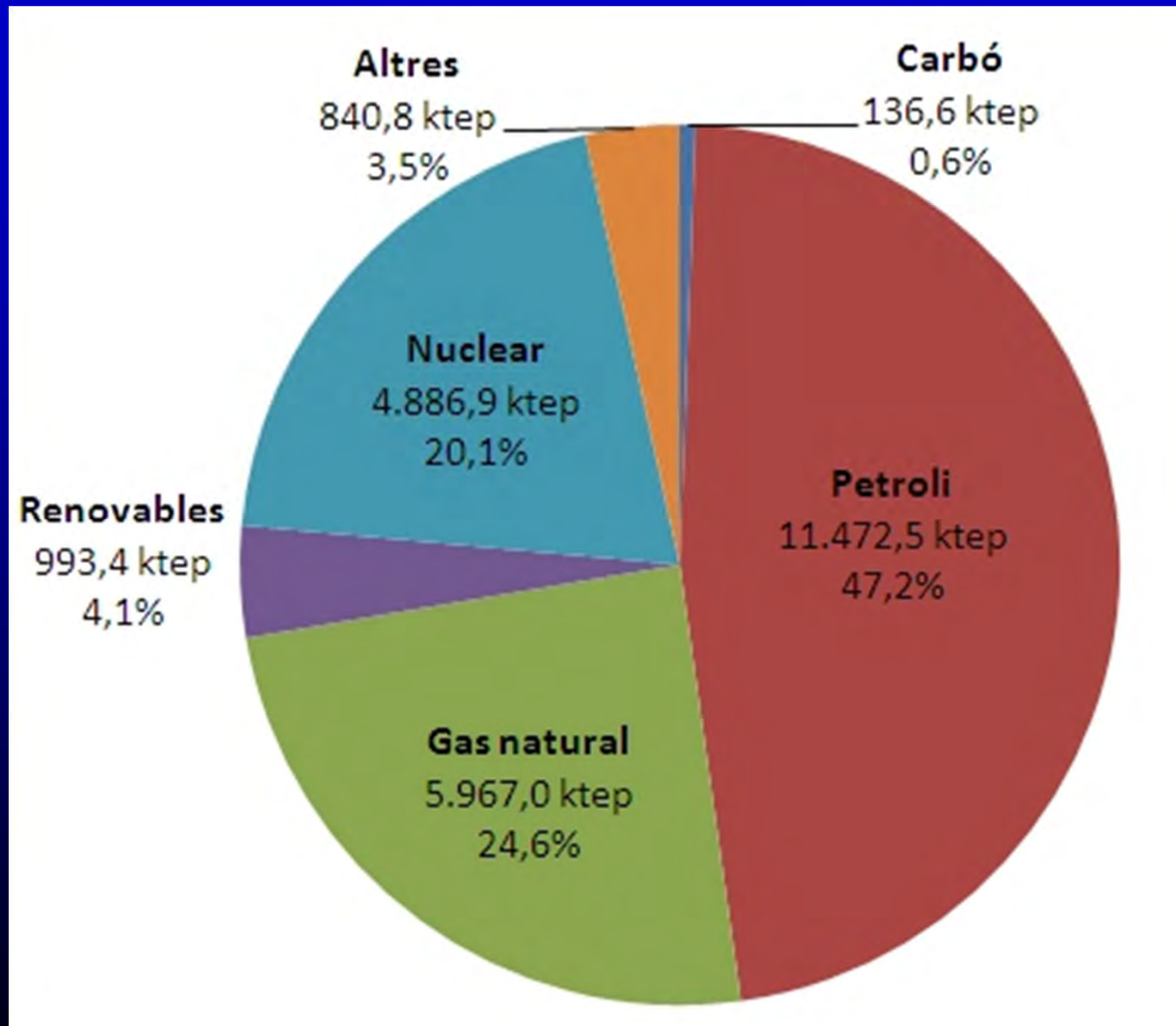
VS

MUM

Meet, Understand, Make a Decision

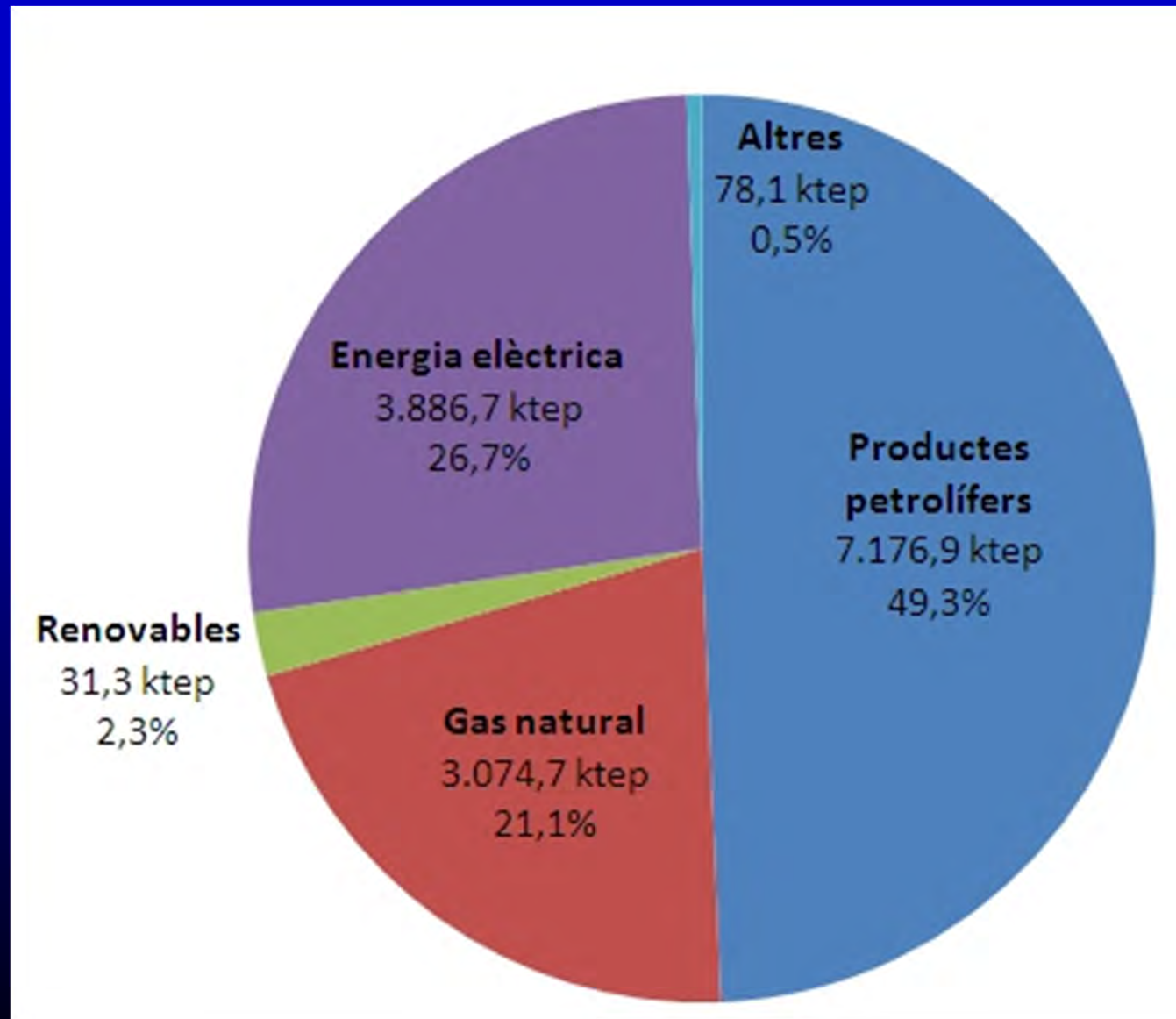
Catalunya y los hidrocarburos, 2009

72,4% de la energía primaria que entró en el sistema



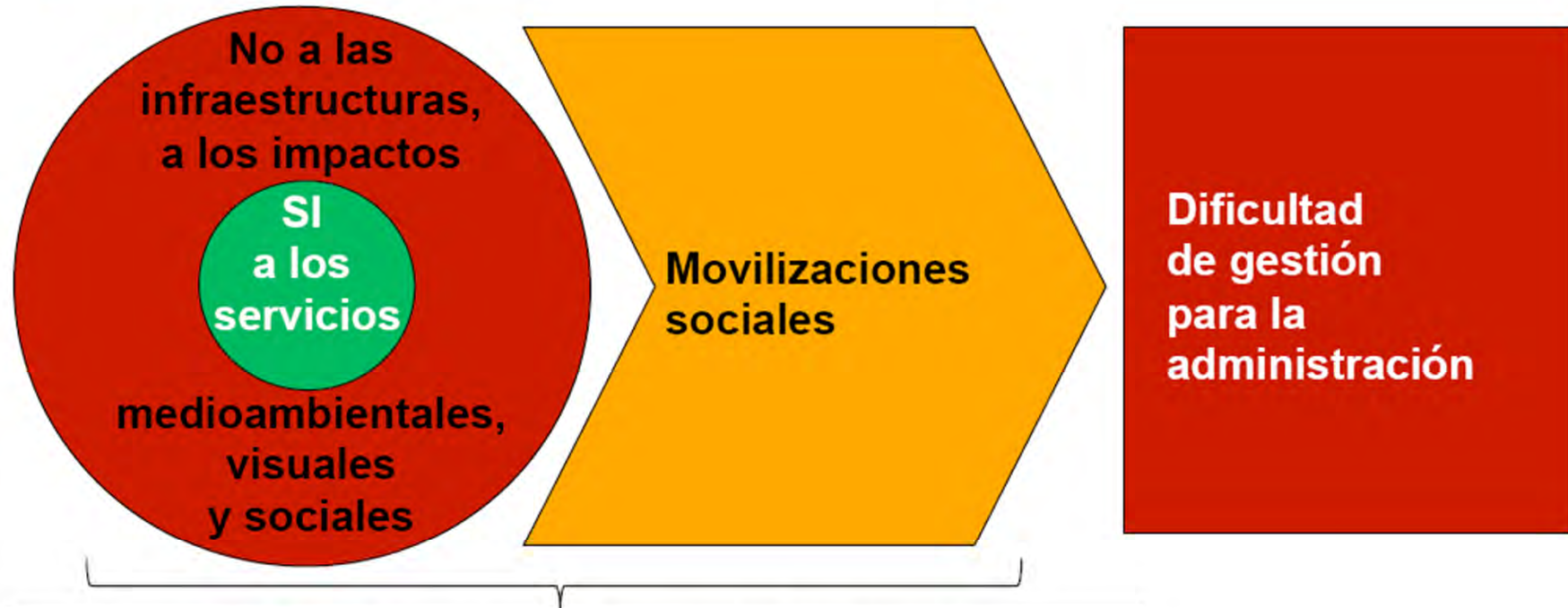
Catalunya y los hidrocarburos, 2009

70,4% de la energía final lista para el consumo



Generación NIMBY

Not In My Back Yard - No en mi patio



¿Aplicación de un principio de precaución legítimo?
¿Síntoma de una sociedad del bienestar “esquizofrénica”?



elroto@inicia.es